

Cobre Panamá

Informe Semestral de Restauración Ecológica del Proyecto Mina de Cobre Panamá

Periodo de Abril a Octubre de 2021

Fecha de Emisión	Revisión	Descripción	Elaborado por:		Revisado y Aprobado por:	
12/12/2021		Informe Técnico	Irving Vergara **Botánico de Medio Ambiente**		Blanca Araúz **Superintendente de Medio Ambiente**	



PROYECTO MINA DE COBRE PANAMA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA)
CATEGORIA III

Informe Semestral de Restauración Ecológica

Compromisos de EsIA Aplicables	Periodo reportado	Elaborado por	Fecha de Emisión del Reporte
13230 13234 13237	Abril a Octubre 2021	MINERA PANAMA S.A.	12/12/2021

1. INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Las intervenciones que se emplean en la restauración varían mucho de un proyecto a otro, dependiendo de la extensión y la duración de las perturbaciones pasadas, de las condiciones culturales que han transformado el paisaje y de las oportunidades y limitaciones actuales. La meta final del proceso no es recuperar integralmente el estado anterior al disturbio, pero si garantizar que las funciones y los procesos ecológicos sean similares al ecosistema original a través del tiempo (SERI 2004).

El éxito de la restauración de un bosque tropical se mide en la recuperación de la biodiversidad, la biomasa y la productividad primaria, la materia orgánica del suelo, la capacidad de almacenamiento del agua y el regreso de las especies raras que son claves para reestablecer la estructura y las funciones del ecosistema (Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013).

El proceso de restauración ecológica suele ser muy dinámico e involucra adquirir información necesaria para la toma de decisión y el mejoramiento de metodologías aplicadas. Por tal razón, es importante el establecimiento de parcelas experimentales para desarrollar modelos de restauración que nos permitan garantizar que las funciones y los procesos ecológicos sean similares al ecosistema original a través del tiempo; y de gran interés resulta dar seguimiento a los monitoreos de las especies plantadas en el sitio, que permitan evaluar su desarrollo y evolución en respuesta de las condiciones climáticas y la composición del suelo que se presentan en el lugar.

Minera Panamá S.A., tiene como parte de sus compromisos ambientales, la restauración de áreas dentro de la huella del Proyecto, la cual será ejecutada gradualmente durante el período de vida activa de la mina (aprox. 30 años), a medida que se culmine el trabajo del proyecto en áreas específicas.

2. OBJETIVOS

- Cumplir con los compromisos establecidos en el EsIA Cat III, que aseguren el éxito de la restauración del Proyecto Mina de Cobre Panamá.
- Implementar el monitoreo (mortalidad, crecimiento y otros indicadores de las especies) de las parcelas establecidas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Establecimiento y descripción de la parcela de Restauración Ecológica 2.5, Botija (Código B-PRE-001)

En el año 2014 se inició la siembra para restaurar este botadero con especies nativas de *Inga* sp., *Erythrina* sp., *Ficus* sp., *Clusia* sp., y otras especies de las familias Lauraceae y Melastomataceae. Luego a principios del año 2015 se terminó de sembrar toda el área y se demarco para iniciar el monitoreo en esta área. Este parce la se encuentra ubicada dentro de la huella de la Mina Cobre Panamá (se nombró así, ya que se encuentra ubicada en lo que se llamaba botadero del Km 2.5). Esta parcela está ubicada a unos cuantos metros de la garita de entrada (Sierra 1) hacia el área del Campamento Dorado, entre 80̊ 48’58.9” Norte y 80̊ 39’11.2” Oeste (ver Anexos). La parcela mide una hectárea (100 x 100 metros) y fue demarcada con ayuda de una brújula, estacones y cinta métrica para formar cada una de las subparcelas, delimitadas por tubos de PVC blanco en los vértices. La parcela se encuentra orientada hacia el Oeste, según el sistema de coordenadas geográficas, y está conformada por cinco fajas de 20 x 100 metros, cada una de las cuales contiene cinco cuadrantes de 20 x 20 metros, los cuales fueron numerados de acuerdo con la coordenada del vértice inferior izquierdo. En cada uno de estos cuadrantes se hicieron 16 subcuadrantes de 5 x 5 metros (Figura 01).

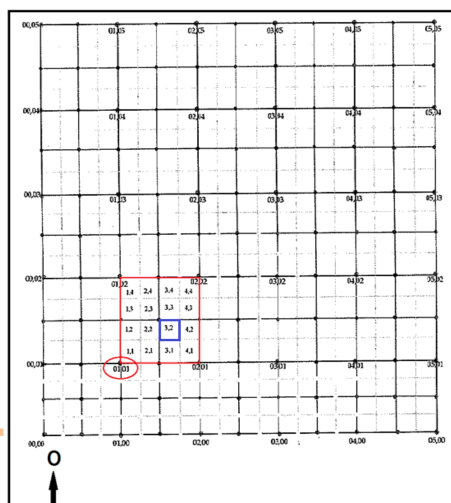


Figura 01. Modelo de la parcela 2.5 demarcada en cuadrantes 20 x 20 m (cuadro rojo) y 16 sub-cuadrantes de 5x5 m (cuadro azul). Cada cuadrante de 20 x 20 m se encuentra codificado con sus respectivos números en la parte inferior izquierda (círculo rojo).

El suelo de la parcela está compuesto de material de arcilla roja (saprolita) y rocas, con una inclinación aproximada de 45 grados (fue un depósito de material sobrante de la construcción del camino hacia el Dorado). El sitio cuenta con barreras de contención y

canales de desagüe para evitar la erosión del suelo, de igual manera, fue hidrosembrada con *Brachiaria decumbens* con el mismo propósito inmediatamente el botadero fue terminado.

La vegetación que rodea a la parcela comprende mayormente especies heliófitas poco duraderas como *Croton billbergianus*, *Trema michranta*, *Ochroma pyramidale*, *Cecropia* sp., *Isertia haeckeana* e *Isertia laevis*; además de otras especies arbustivas de menor tamaño como *Piper aduncum* y *Piper auritum*. Otras heliófitas de mayor tamaño y más duraderas son *Trichospermum galeottii*, *Vismia macrocarpa, Vochysia ferruginea* y *Vochysia guatemalensis*. Todas estas especies que conforman la vegetación que rodea la parcela han sido responsables de la regeneración natural registrada en los monitoreos anuales.

Para la siembra se utilizó un distanciamiento específico de dos metros, esto, para dejar espacio para especies de crecimiento lento y de sotobosque que serán sembradas una vez las especies de crecimiento rápido estén establecidas.

Los individuos de diferentes especies fueron sembrados en línea perpendicular a la parcela, a una distancia de dos metros entre cada individuo. Cada línea de siembra también tiene una distancia de dos metros de separación entre ellas (Figura 02). En cada línea, se encuentran sembrados plántulas de árboles y arbustos de forma homogénea.

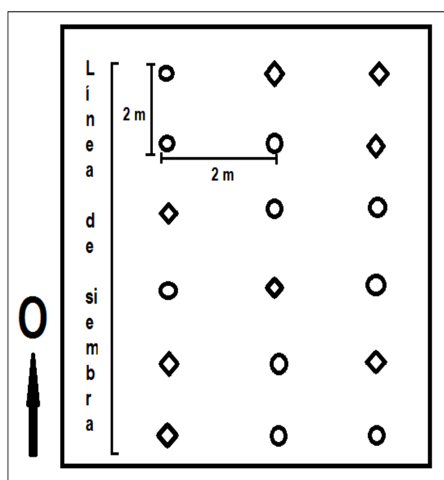


Figura 02. Diagrama de disposición de plántulas sembradas en un cuadrante 20 x 20 metros en la parcela de restauración ecológica 2.5. Nótese la línea de siembra en forma vertical hacia el Oeste, según la disposición de la parcela. Los círculos representan las plántulas de árboles y los cuadros representan los arbustos, dispuestos en cada línea de siembra a dos metros de distancia.

3.2. Monitoreo

Para este periodo (abril – octubre 2021), se realizó el monitoreo en la parcela de restauración 2.5, para determinar variables como la sobrervivencia, salud, altura, diámetro del cuello de raíz y ancho de copa, de aquellas plantas que fueron sembradas desde el año 2015 y aquellas resembradas en 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021, que reemplazaron a aquellas plantas que murieron después de ser sembradas en el año del levantamiento de la

parcela en 2015. También se registraron las plantas de regeneración natural. El monitoreo de esta parcela se realiza anualmente.

Las especies que resultaron muertas al momento de realizar el monitoreo de este año, fueron reemplazadas por plántulas de la misma especie, siempre que fue posible, (provenientes del vivero), salvo aquellos individuos de *Senna reticulata* que, para este periodo, fueron registrados muertos, se reemplazaron por la especie *Inga* sp. y de *Inga pezizifera*. Las plantas muertas fueron contabilizadas y registrada en la base de datos para el posterior cálculo de sobrevivencia.

Las plantas sembradas desde 2015 y aquellas resembradas, fueron rotuladas utilizando placas de aluminio; marcando un código de seis letras en mayúsculas que comprende las tres primeras letras del género y las tres primeras letras de la especie. Además, se registró un código que comprende el número de la planta, el número del cuadrante 20 x 20 metros y el número del subcuadrante 5 x 5 metros donde está ubicada dicha planta (Figura 03).

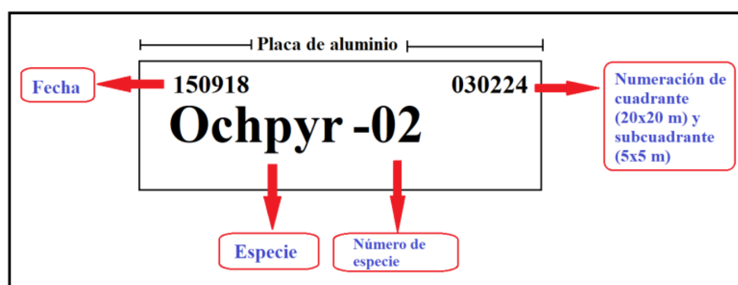


Figura 03. Rotulación de plantones utilizando placas de aluminio. Se muestra un ejemplo de la especie *Ochroma pyramidale* (Ochpyr) sembrada y mapeada en la parcela de restauración 2.5 en el año 2015. El código a la derecha indica la ubicación de esta planta en la parcela: cuadrante 0302, en el subcuadrante 2.4.

3.3 Mantenimiento

Tanto a la parcela de restauración 2.5 como en las demás parcelas (parcela del km 19+700 (Pipeline), parcela del Km 18+500 (Carretera a la Costa), parcela en el área de MSA, parcela en la antigua Poza 4 y 5 (en Puerto), se les dio mantenimiento durante este periodo (ver Anexos). El mantenimiento consistió en limpiar el remanente de hierba de la hidrosiembra, alrededor de los plantones (para evitar que la hierba no los “ahogue”), y posteriormente se realizó la aplicación de fertilizante químico granulado (12-24-12) y abono foliar. También fueron fumigadas contra los patógenos con fungicida e insecticida cada tres meses.

3.4 Restauración de nuevas áreas en el Sitio Mina

Para este periodo (abril – octubre 2021), fueron realizadas actividades de restauración de nuevas áreas ubicadas en el Pipeline Road y en el Tajo Botija. Estas áreas consisten en taludes y áreas planas que fueron hidrosembradas con *Brachiaria decumbens* para controlar la erosión del suelo. El suelo predominante en estas áreas es el arcilloso rojo con rocas, y la vegetación que bordea a estas áreas comprende principalmente, especies pioneras como *Cecropia* sp., *Isertia laevis*, *Isertia haeckeana*, *Ochroma pyramidale*, *Trema michranta*, *Trichospermum galeottii*, entre otras.

Antes de realizarse la siembra de plantas en estas áreas, se les realizó la limpieza para remover la hierba (*Brachiaria decumbens*) con la ayuda de máquinas manuales para cotar grama. Luego de la limpieza fue medido el pH inicial a cada una de las áreas y después fue aplicado al suelo Hidróxido de Calcio (Cal) [ver Anexos]. La finalidad de aplicar calcio (cal) al suelo es la de poder elevar el pH ácido del suelo arcilloso rojo característico en el sitio del proyecto, y así facilitar la absorción de nutrientes en las plantas.

Los plantones fueron sembrados sin un arreglo específico, pero a distancia de 1.5 metros cada uno. En estas áreas sólo se sembraron arbustos y árboles de menor tamaño, ya que algunas de estas áreas son áreas de talud (en el caso de la parcela del Botadero Sur del Tajo Botija B-PRE-036), y requieren plantas de poca envergadura para evitar la caída de estas plantas cuando estén bien establecidas. En esta parcela en particular, fueron seleccionadas plantas, en su mayoría, pioneras provenientes del vivero de Valle Grande tipo arbusto, que fueron sembradas en la parte inclinada del talud (pared) tales como: *Piper aduncum*, *Piper auritum, Muntingia calabura* y *Bellucia pentamera*. Mientras que en la parte plana del talud (banqueta) fueron sembradas mayormente especies de árboles de sombra como son: *Inga* sp., *Inga pezizifera*, *Vochysia ferruginea*, *Cespedesia spathulata*, entre otras. Durante la realización de esta actividad también fue aplicado inmediatamente el fertilizante que comprendió una mezcla de fertilizante químico completo (12-24-12) y fertilizante granular orgánico de Leonardita, cuya mezcla fue añadida en pequeños agujeros ubicados a ocho centímetros de radio alrededor de la planta (ver Anexos).

En el caso de la parcela del Km 4+100 del Pipeline Road (B-PRE-039), fueron introducidas plantas provenientes de la vegetación que la rodea (ver Anexos), aparte de aquellas sembradas provenientes del vivero. Las especies sembradas fueron plantas pioneras como son: *Piper auritum*, *Piper aduncum*, *Potomorphe peltata*, *Cecropia* sp., *Ochroma pyramidale*, *Solanum* sp., *Muntinjia calabura* y el helecho arbóreo *Alsophyla* sp. Además, se incluyeron especies de sombra, que han resultado tener buen rendimiento en la restauración de parcelas dentro del sitio mina, tales como: *Inga* sp. e *Inga pezizifera*. Otras especies de sombra fueron *Spondias* sp., *Calathea* sp. y la palma *Astrocaryum alatum*, estas últimas son especies que se encuentran en la vegetación que bordea dicha parcela.

Las plantas que fueron extraídas de la vegetación circundante se colectaron con la mayor cantidad de sustrato posible para reducir el estrés a la planta.

Todas las plantas sembradas en esta parcela fueron fertilizadas al instante con abono granular 12-24-12.

3.5 Registro de la Información y Análisis

La información registrada de crecimiento, mortalidad y regeneración natural en la parcela de restauración 2.5, se ingresó en la base de datos (Access Microsoft) para su posterior análisis.

El análisis de la sobrevivencia y mortalidad de cada especie nos permite identificar especies que pueden ser más aptas para ser utilizadas en las etapas tempranas de la restauración, y si es necesario, aplicar técnicas adicionales para mejorar su desarrollo desde la etapa de germinación y mantenimiento de plantones en el vivero, y posteriormente en las parcelas de restauración.

4. RESULTADOS

4.1 Monitoreo en la parcela de restauración 2.5

Desde el año 2015 en que fue levantada la información sobre las plantas sembradas en esta parcela de restauración, hasta la fecha, se han realizado seis (6) monitoreos anuales. En cada monitoreo se ha registrado las plantas sembradas desde el año 2014 (año de establecimiento de esta parcela) y en el 2015 (año del levantamiento de la información del primer monitoreo de sobrevivencia), y posteriormente, aquellos individuos resembrados en el año 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 que reemplazaron aquellos individuos muertos de plantas sembradas en años anteriores. Además, se ha reportado las especies de regeneración natural (reclutas), que han surgido producto de la vegetación que rodea la parcela de restauración.

Cabe mencionar, que para este monitoreo fueron registrados 67 plantones nuevos de regeneración natural, producto de la germinación de semillas de *Inga* sp. y *Abarema adenophora*, de individuos sembrados anteriormente en el sitio, y también de otras especies del bosque que rodean a dicha parcela. Estos individuos (*Inga* sp. y *Abarema adenophora*) que produjeron semillas; fueron plantados en la parcela desde el año 2015. También se registraron especies con presencia de flores y frutos de individuos de regeneración natural que fueron reclutados en la parcela en 2018, y 2017. Además, se observó la presencia de un nido de ave con huevos en un individuo de regeneración natural de la familia Acanthaceae (ver Anexos).

4.1.1 Análisis de sobrevivencia

En el monitoreo de este año se contabilizó la pérdida de 998 individuos, lo que corresponde al 51% de las plantas sembradas en la parcela 2.5 (sembradas desde 2014). Pero, también se contabilizaron 67 individuos nuevos de regeneración natural (reclutas). Todas las plantas que se identifican que han muerto (aquellas que fueron sembradas desde el 2015), son reemplazadas por la misma especie, siempre que sea posible, y anotadas en la base de datos, para llevar un registro para su seguimiento el próximo monitoreo. En el caso excepcional de la especie de *Senna reticulata* que, para este año, fue reemplazada por *Inga* sp. e *Inga pezizifera*.

Actualmente, tres (3) parcelas: la parcela de restauración 2.5 (B-PRE-001), la parcela de restauración del Km 19+700 del Pipeline Road (B-PRE-002) y la parcela de MSA (P-PRE-009), están parceladas y bajo monitoreo anual.

Las especies que marcaron mayor cantidad de individuos muertos para este periodo fueron aquellas resembradas en el 2020 (Figura 04). Esta mortalidad puede estar relacionada a las condiciones propias del suelo arcilloso rojo presente en la parcela, el poco drenaje de una área dentro de la parcela, y debido a la situación del COVID que mantuvo cerrada la Mina durante algunos meses y no se pudo darle el mantenimiento durante ese periodo..

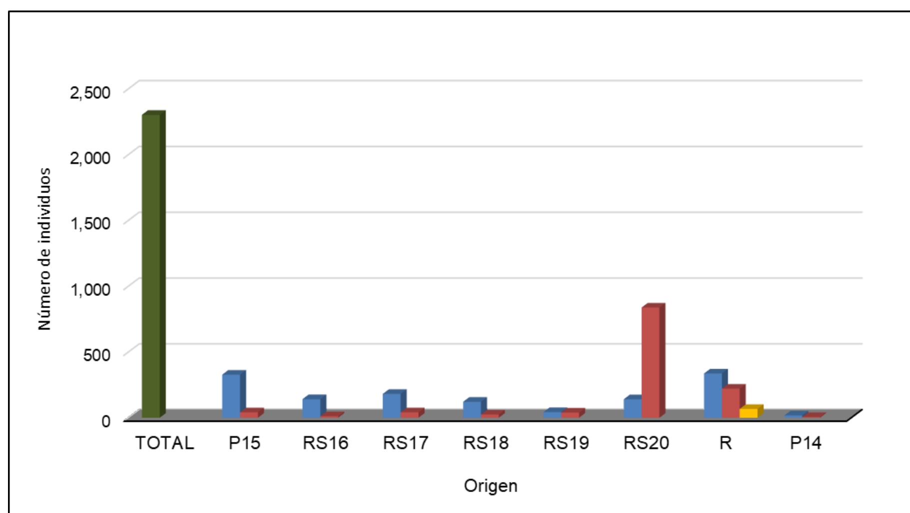


Figura 04. Número de individuos sobrevivientes contabilizados durante este periodo de monitoreo. En el gráfico se muestra el total de plantas contabilizadas en este periodo (barra verde) y la mortalidad de individuos (barras rojas). **P14**=plantas sembradas en 2014, **P15**=plantas sembradas en 2015, **RS16**=plantas resembradas en 2016, **RS17**=plantas resembradas en 2017, **RS18**=plantas resembradas en 2018, **RS19**=plantas resembradas en 2019, **RS20**=plantas sembradas en 2020, **R**= regeneración natural. Nótese la barra amarilla, que corresponde a nuevas plantas de regeneración natural registradas para este periodo.

4.1.2 Sobrevivencia de especies de plantas resembradas en el año 2020

En la figura 05 se muestra el número de individuos sobrevivientes de 26 especies resembradas en el año 2020. La gráfica refleja sólo la sobrevivencia de estos individuos a partir del año 2020, ya que, a partir de ese año, fueron reemplazados individuos muertos provenientes de 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020 con individuos de la misma especie.

Las especies que marcaron el mayor número de sobrevivencia durante este periodo fueron: *Inga* sp. (Ingsp), *Inga pezizifera* (Ingpez) y *Terminalia amazonia* (Terama), mientras que especies como *Bellucia pentamera* (Belpen), *Couma macrocarpa* (Coumac), *Simarouba amara* (Simama), *Vochysia ferruginea* (Vocfer), *Vochisia guatemalensis*, *Drypetes standleyi* (Drysta),

Ochroma pyramidale (Ochpyr), entre otras, tuvieron pocos individuos sobrevivientes para el año 2021.

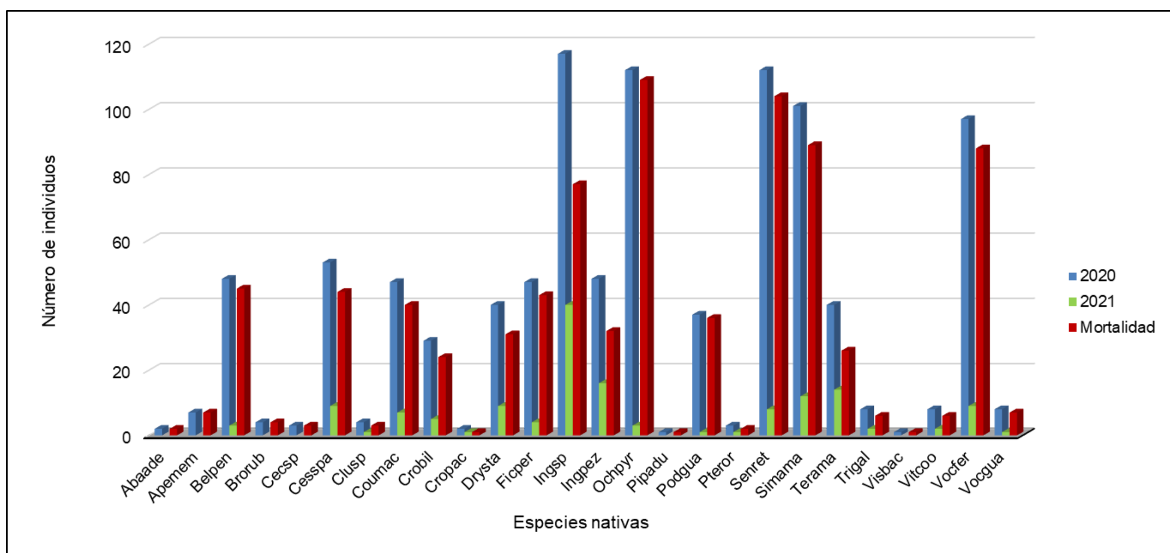


Figura 05. Sobrevivencia de especies resembradas en la parcela de restauración en el año 2020

4.2 Restauración de nuevas áreas en el Sitio Mina

En este periodo fueron sembradas cuatro áreas que comprenden en total 4.4 hectáreas con 8,044 plantas en total (Tabla 01). De estas áreas, tres se localizan en el área del Botadero Sur del Tajo Botija (4.07 hectáreas).

Tabla 01. Áreas restauradas durante el periodo de abril a octubre de 2021

Código de la parcela	Nombre de la parcela	Coordenadas UTM_Norte	Coordenadas UTM_Oeste	Superficie (m^2)	Superficie (Ha)	Número de plantas sembradas
B-PRE-039	Pipeline Road, Km 4+100	539516	981396	2,347	0.23	477
B-PRE-036	Tajo Botija, Botadero Sur	537906	976002	20,300	2.03	4,551
B-PRE-037	Tajo Botija, Botadero Sur	538995	975899	20,005	2.00	1,892
B-PRE-038	Tajo Botija, Botadero Sur	539039	975081	4,320	0.43	1,124

En la parcela del Km 4+100 (B-PRE-039) del Pipeline Road (camino de tuberías), fueron sembradas tanto plantas provenientes del vivero de Valle Grande como plantas pioneras

extraídas de la vegetación que la rodea. Un total de 319 plantas sembradas provinieron del vivero y 158 fueron extraídas de la vegetación del alrededor.

5. CONCLUSIONES

1. Para este periodo de monitoreo (abril - octubre 2021) en la parcela de restauración 2.5, se contabilizó una tasa de mortalidad del 51%, del total de las plantas sembradas debido a diferentes razones, pero gran parte se puede deber al tiempo que no se le pudo dar mantenimiento a la parcela debido al cierre debido al COVID. De igual manera, se registraron un total de 67 nuevos individuos de regeneración natural.
2. Del monitoreo realizado en la parcela 2.5, tres especies marcaron el mayor número de sobrevivencia: *Inga* sp., *Inga pezizifera* y *Terminalia amazonia*.
3. Durante este periodo también fueron restauradas cuatro (4) nuevas áreas dentro del sitio mina, que comprenden un total de 4.4 hectáreas.

6. BIBLIOGRAFÍA

CTF. 2018. Trees, Shrubs, and Palms of Panama. http://ctfs.si.edu/webatlas/maintreeatlas.php. Consultado en diciembre, 2018.

Elliott, S. D., D. Blakesley y K. Hardwick, 2013. Restauración de Bosques Tropicales: un manual práctico. Royal Botanic Gardens, Kew; 344 pp.

Gentry, A.H. 1993. A Fiel Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwesdt South America (Colombia, Ecuador, Peru): With Supplementary Notes on Herbaceous Taxa. Chicago: The Univertiy of Chicago Press; 895 pp.

Guariguata, M. R. y R. Ostertag, 2002. Sucesión secundaria. En: Guariguata, M. R. y G. Kattán (Editores). Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Cartago: Libro Universitario Regional; 691 pp.

Hammel, B.E.; Grayum, M.H.; Herrera, C. y N. Zamora. 2010. Manual de Plantas de Costa Rica. Volumen V: Dicotiledóneas (Clusiceae-Gunneraceae). St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 970 pp.

Hammel, B.E.; Grayum, M.H.; Herrera, C. y N. Zamora. 2007. Manual de Plantas de Costa Rica. Volumen V: Dicotiledóneas (Haloragaceae-Phytolaccaceae). St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 932 pp.

Nepstad, D. C., Uhl, C., C. A. Pereira y J. M. Cardoso da Silva, 1996. A Comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of Eastern Amazonia. Oikos 76:25-39.

Pérez, R. 2008. Árboles de los Bosques del Canal de Panamá. Panamá: Boski S.A.; 466 pp.

SER 2004. Principios sobre SER International sobre la restauración ecológica SER (Society for Ecological Restoration International – Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica). Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas (Versión 2: octubre de 2004).

Flora Mesoamericana. 2018. http://www.tropicos.org/Project/FM. (Accesado en diciembre 2018).

Missouri Botanical Graden-Base de Datos MPSA. 2018. http://www.tropicos.org/Project/MPSA. (Accesado en diciembre 2018).

Warwood, N.C. 1999. Seedlings of Barro Colorado Island and the Neotropic. London: Cornell University Press; 645 pp.

Woodson, R.E. y R.W. Schery. 1980. Flora de Panamá. St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 7396 pp.

7. ANEXOS

Anexo 7.1 Vivero de plantas nativas

7.1.1 Colecta de semillas y plántulas

Para la recolecta de material genético (plántulas y semillas), que se utilizan en el proceso de restauración ecológica, se realizaron giras de campo donde se extrajeron plántulas, semillas y muestras para la identificación taxonómica de árboles y arbustos de especies de sombra y de especies pioneras dentro del área del proyecto. Las especies fueron identificadas utilizando claves taxonómicas como la Flora de Costa Rica (Hammel et. al, 2010; 2007), Flora de Panamá (Woodson y Schery, 1980), Flora Mesoamericana (http://www.tropicos.org/Project/FM, 2020), y fueron corroboradas con la ayuda de la Base de Datos de Trópicos del Missouri Botanical Garden (http://www.tropicos.org/Project/MPSA, 2020), y del Centro de Ciencias de Bosques tropicales (CTFS, por sus siglas en inglés: http://ctfs.si.edu/webatlas/maintreeatlas.php, 2020), como también guías de campo (Gentry, 1993) y libros de texto (Warwood, 2009; Pérez, 2008), referentes a la flora nativa de Panamá, específicamente, del área de la Vertiente del Caribe.

a) Semillas: se utilizaron varas de colecta para poder alcanzar los frutos de árboles altos. Las mismas fueron separadas y guardadas en bolsas de papel con los datos de registro del árbol.

b) Plántulas: se colectaron dentro del bosque o áreas abiertas y se trasladaron al vivero para su posterior siembra. Esta es una alternativa viable para lograr la reproducción de algunas especies cuyas semillas son difíciles de colectar o germinar.

7.1.2 Producción y Manejo en el Vivero

Desde inicio del programa de restauración en el año 2014, se han producido en el vivero un total de 115,078 plántulas correspondiente a 109 especies, pertenecientes a 40 familias. Estas plantas fueron colectadas, tanto en semillas o como plántulas, tanto en áreas abiertas (especies pioneras) como boscosas. Las instalaciones del vivero contienen cámaras con plástico de invernadero para aclimatar las plántulas que son traídas del bosque y aquellas provenientes de la germinación de semillas en las camas de arena. Las camas de arena para la germinación de semillas, fueron construidas utilizando como sustrato arena de río previamente esterilizada con la aplicación de nematicida y fungicida. Dependiendo de las especies, con semillas que requieren más cuidado al momento de germinar y de mayor tiempo de latencia, las semillas fueron sembradas utilizando sustrato de micorrizas.

El suelo utilizado en el vivero para la siembra de plántulas que se extraen del campo y aquellas provenientes de la germinación de las semillas en las camas de arena o micorriza, comprende suelo de aluvión mesclado con arena de río en una proporción de 3:1 (aluvión: arena), luego es

esterilizado con nematicida y fungicida; que se deja en reposo por una semana antes de ser utilizado para la siembra.

La finalidad de las cámaras de invernadero en el vivero es la de mantener la temperatura y humedad óptima, para incrementar el desarrollo y crecimiento radicular de los plantones y, además, para evitar el ataque de plagas. De esta forma se logra mejorar la calidad y resistencia de estas plantas al momento de ser sembradas en las parcelas de restauración. Dichas cámaras de invernadero también aceleran la velocidad de germinación de las semillas en las camas de germinación.

Las plantas fueron propagadas utilizando un sistema de raíz dirigida, basado en tubetes de varias dimensiones, los cuales favorecen el crecimiento de las raíces y aseguran la sobrevivencia de cada una de las plantas. También son utilizadas bolsas de siembra para aquellos plantones que son colectados de mayor tamaño.

Las plántulas provenientes de la germinación de las semillas en las camas de arena, se sembraron en los tubetes con sustrato de aluvión y permanecieron en áreas de sombra dentro del vivero por un tiempo aproximado de tres semanas, luego fueron pasadas al sol de forma paulatina, en donde permanecieron el tiempo requerido que les permitiera completar su aclimatación antes de ir a las parcelas. Las plantas que salgan al campo deben tener entre 25 y 50 cm de altura, con un alto nivel de desarrollo radicular, foliar y del tallo, que les permita resistir las condiciones ambientales existentes en las parcelas.

Las plantas fueron podadas cada cierto tiempo (2-4 semanas), tanto las que permanecen dentro del vivero como la que están expuestas al sol. La poda de las plántulas consiste en remover aquellas hojas secas y con presencia de patógenos (hongos, bacterias y virus), para evitar contaminar el resto de las plantas. Esta operación se realizó a primeras horas de la mañana, a media tarde o en días nublados; con el cuidado de evitarle a la planta un estrés a causa de la luz directa del día.

7.1.3 Germinación de semillas

Las pruebas de germinación nos permiten responder preguntas básicas como cuántas semillas germinan (tasa de germinación) y cuánto tardan (latencia). Ambos parámetros se pueden usar e incluso manipular cuando se planifica el crecimiento de una cantidad suficiente de árboles jóvenes para un tiempo específico de plantación.

Para este periodo se pusieron a germinar semillas de tres especies pioneras: *Ochroma pyramidale*, *Bellucia pentamera* y *Piper auritum*. Estas semillas fueron puestas a germinar en las camas de germinación con sustrato de arena de río (*Ochroma pyramidale*) y micorriza (*Bellucia pentamera* y *Piper auritum*) dentro del vivero, y cubiertas con las respectivas cámaras de invernadero por aproximadamente dos semanas.

Cabe señalar que para este periodo fueron producidos en el vivero un total de 27,960 plántulas pertenecientes a 54 especies nativas. De estas; 42 son especies de sombra y 12 son pioneras. Estas plantas fueron colectadas en el bosque y en áreas abiertas.

Anexo 7.2 Registro Fotográfico

Monitoreo en la parcela 2.5 (B-PRE-001)



A. Limpieza de la parcela. **B.** Medida del diámetro de cuello de raíz al plantón. **C.** Presencia de un nido con huevos de ave en una planta monitoreada. **D.** Presencia de frutos de *Abarema adenophora* sembrada en la parcela en el 2018 y plántulas de regeneración natural. **E.** Presencia de flores de una *Miconia* sp. de regeneración natural.

Actividad de restauración en la parcela Botadero Sur del Tajo Botija (B-PRE-036)



A. Limpieza de la parcela. **B.** Siembra de plantones. **C-D.** Aplicación de fertilizante granular.

Actividad de restauración en la parcela B-PRE-039



A. Limpieza de la parcela. **B.** Colecta de plantas de la vegetación que rodea la parcela. **C.** Medida del pH del suelo. **D.** Aplicación de cal al suelo.

Localización de áreas restauradas



Parcela 2.5 (B-PRE-001)



Parcela K 19 Pipeline Road (B-PRE-002)



Parcela Km 18. Coastal Road (B-PRE-003)



Parcela Km 17 Coastal Road (B-PRE-004)



Parcela Km 12 Coastal Road (B-PRE-005)



Parcelas del Tajo Colina (B-PRE-036, B-PRE-037 y B-PRE-038)